

УДК 630*371.7

В.В. Побединский, А.В. Берстенов, А.И. Попов

(V.V. Pobedinsky, A.V. Berstenev, A.I. Popov)

Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург

ВЫВОД ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ РЕГУЛЯТОРА ГИДРОПРИВОДА ОКОРОЧНОГО СТАНКА МЕТОДОМ ЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ (CONCLUSION TRANSFER FUNCTION CONTROL HYDRAULIC DEBARKERS METHOD FREQUENCY IDENTIFICATION)

Разработана методика вывода передаточной функции гидропривода механизма прижима вальцов окорочного станка с использованием метода частотной идентификации объекта управления. Вывод и исследование на устойчивость передаточной функции реализованы средствами MatLab «System Identification Tool» и «PID Tuning».

The technique of the output transfer function of the hydraulic drivepressing mechanism roller debarker, using the method of frequency identification control object. Derivation and investigation of the stability of the transfer function is implemented by means of MatLab «System Identification Tool» and «PID Tuning».

Введение

Для предложенной имитационной модели гидропривода механизма прижима вальцов (МПВ) окорочного станка, реализованной в среде MatLab [1], с целью разработки системы автоматического управления приводом требуется получить передаточную функцию. Система MatLab располагает специальными средствами для решения такой задачи методом частотной идентификации объекта управления.

Целью исследований, результаты которых изложены в настоящей статье, являлась разработка методики и вывод передаточной функции гидропривода МПВ в среде MatLab методом частотной идентификации объекта управления.

Для достижения цели решались следующие **задачи**:

1) разработка методики вывода передаточной функции гидропривода МПВ в среде MatLab;

2) разработка процедуры идентификации системы, оптимизации и получения передаточной функции инструментальными средствами MatLab;

3) исследование САУ на устойчивость и оптимизация параметров регулятора.

Исходная система управления прижимом вальцового механизма подачи функционирует в замкнутом контуре. Цель построения

контура управления заключается в нахождении передаточной функции регулятора, включаемого в контур, обеспечивающего необходимое качество процессов регулирования. Гидропривод, оснащённый системой автоматического управления, образует функционально автономное звено – сервопривод. Структурная схема сервопривода приведена на рис. 1.

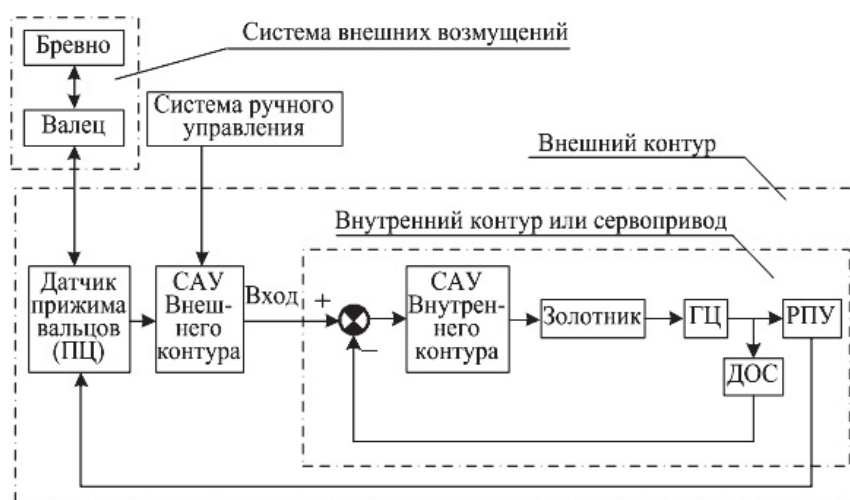


Рис. 1. Структурная схема сервопривода механизма прижима

Вывод передаточной функции регулятора включает две основные задачи: определение вида передаточной функции и расчет её коэффициентов. Вид передаточной функции регулятора определяется исходя из свойств объекта управления. В данном случае объектом управления является гидропривод, оснащённый золотниковым гидрораспределителем. Такая система в линейном приближении может быть принята как интегральное звено с замедлением [2]. Звено описывается следующим дифференциальным уравнением [2]:

$$T \frac{d^2 x_2}{dt^2} + \frac{dx_2}{dt} = kx_1. \quad (1)$$

Передаточная функция такого звена имеет вид

$$W(p) = \frac{k}{p(1 + Tp)}, \quad (2)$$

где k – коэффициент усиления;

T – постоянная времени интегрального звена.

Для компенсации интегральной зависимости объекта управления во внутренний контур системы управления должен быть добавлен компенсатор с дифференциальной характеристикой (САУ внутренним контуром), как, например, ПД-регулятор.

Для определения коэффициентов ПД-регулятора необходимо провести исследование объекта управления в разомкнутом контуре. Такое исследование можно сделать методом частотной идентификации системы в линейном приближении средствами MatLab.

Теоретически вывод передаточной функции включает следующие основные положения.

При использовании инструментальных средств частотной идентификации систем MatLab на вход системы подаётся либо набор гармонических сигналов с различной частотой и амплитудой, либо один линейно частотно-модулированный сигнал. Во втором случае процесс частотного исследования системы упрощается. В MatLab используется утилита «Linear Analysis Tool/Exact Linearization», где анализируются сигналы на входе и выходе системы и строится амплитудно-фазочастотная (АФЧХ) система. По полученной таким образом частотной характеристике системы в приложении «System Identification Tool» с использованием АФЧХ может идентифицироваться система и будет определена ее передаточная функция.

После идентификации системы появляется возможность спроектировать компенсатор системы управления, обеспечивающий достижение требуемых динамических характеристик. Проектирование и оптимизация ПД-регулятора выполняется с использованием утилиты «PID Tuning». Полученная в результате передаточная функция ПД-регулятора может использоваться в контуре разрабатываемой САУ гидроприводом прижима вальцов.

Однако полученный регулятор может недостаточно обеспечить требуемое качество регулирования, так как проведённая ча-

стотная идентификация системы, как правило, не даёт идеального описания системы (коэффициент идентификации обычно <100 %). Для точной настройки коэффициентов регулятора необходимо проведение исследования системы с замкнутым внутренним контуром с полученным ПД-регулятором и выполнение его оптимизации, что предусматривает исследование реакции сервопривода на ступенчатое воздействие различной амплитуды из диапазона допустимых значений, а также реакции на гармонический сигнал различной амплитуды и частоты. По результатам исследования сервопривода на тестовые воздействия производится коррекция коэффициентов ПД-регулятора.

Таким образом, исследование гидропривода методом оценки частотных характеристик выполняется на основе известной [2] методики в следующем порядке.

1. Выделение подсистемы гидропривода (рис. 2) из полной имитационной модели механизма прижима вальцов [1].

Следует учесть, что проведение оценки частотных характеристик разомкнутого контура ГП будет затруднительно в силу технологических ограничений, наложенных на разработанную модель ГП. Поскольку движение штока ГЦ ограничено его длиной, следовательно, его отклик на низкочастотный гармонический сигнал будет всегда лимитирован по амплитуде, и это не позволяет воспользоваться инструментальными средствами библиотеки

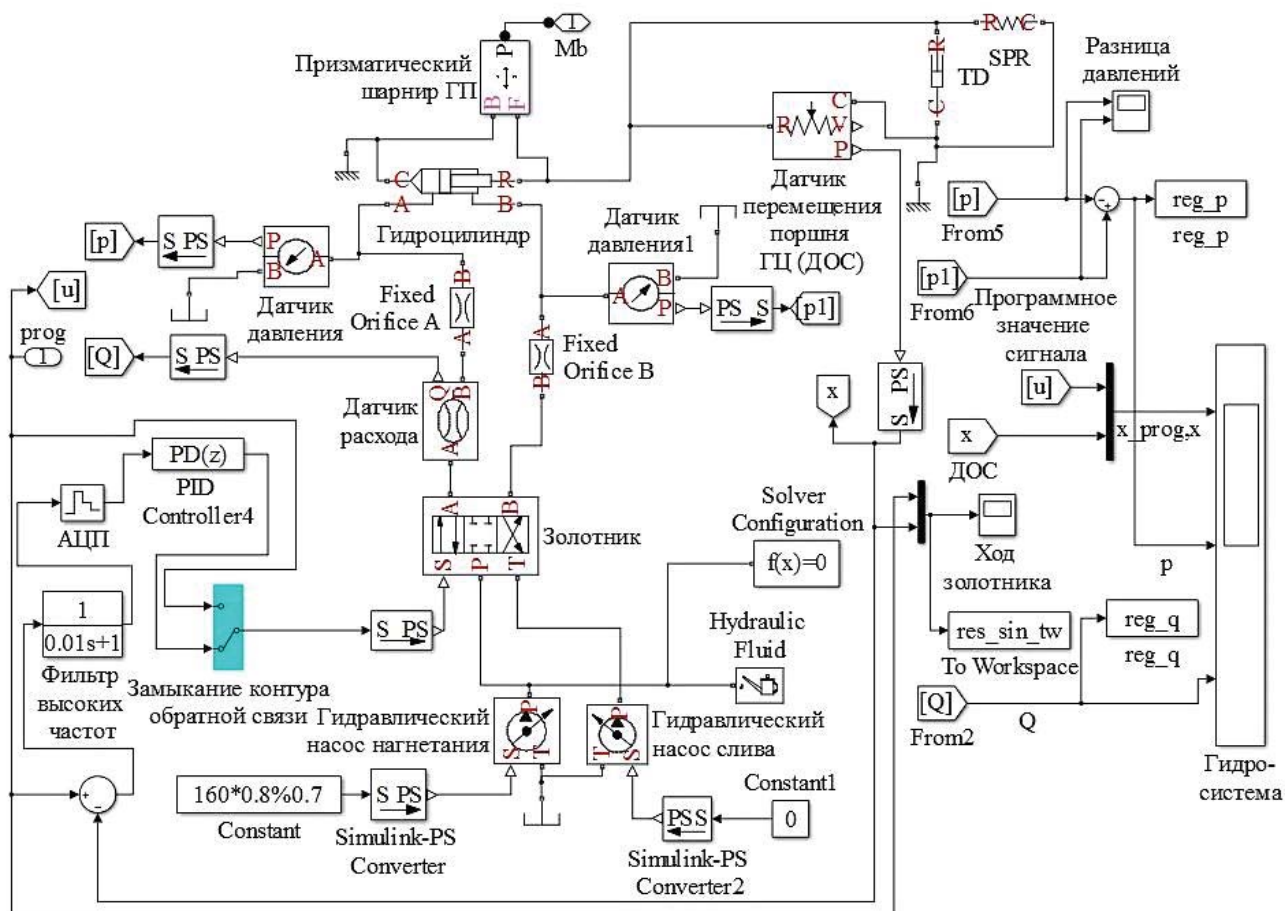


Рис. 2. Модель гидравлической системы механизма прижима вальцов в Simulink-формате

«Control Design» для корректного проведения частотной оценки системы в полной мере. Для исключения ограничения амплитуды, вносящего нелинейность в систему, имеет смысл производить исследование ГП в замкнутом контуре с отрицательной обратной связью, включающей пропорциональный регулятор и фильтр высоких частот $W_f(p)$, в общем виде описываемый выражением (1). Правомерность такого подхода основывается на том, что ГЦ не в состоянии отрабатывать высокие частоты и, следовательно, включение в контур фильтра высоких частот не скажется на функционировании ГП, но обес-

печит корректность частотного анализа системы. Для включения и выключения контура обратной связи в модели ГП (см. рис. 2) предусмотрен блок «Замыкание контура обратной связи».

Фильтр высоких частот с найденными параметрами имеет вид

$$W_f(p) = \frac{1}{0,01p + 1}. \quad (3)$$

Для исследования системы ГП методом частотных характеристик на вход системы будет подаваться нулевой сигнал.

2. Использование утилиты «Analysis Tool/Frequency Response Estimation» библиотеки «Control Design».

В качестве входного сигнала выбирается линейно частотно-модулированный сигнал (Chirp в обозначении MatLab) со следующими характеристиками:

- диапазон исследуемых частот – 0,1 – 10 Гц;
- амплитуда сигнала – 0,12;
- начальная фаза – 270 град;
- количество замеров – 10000;
- дискретность замеров – 0,0012566 с.

После настройки входного сигнала утилита запускается кнопкой «Estimate» и автоматически выполняется оценка частотных характеристик.

3. Выполнение анализа результатов оценки частотных характеристик (рис. 3).

Оценка характеристик получена как результат частотного отклика системы на линейно частотно-модулированный сигнал. Обработка тестового сигнала системой ГП на одном из режимов показана на рис. 4.

На рис. 3 видно, что гидропривод качественно обрабатывает входной сигнал только в полосе частот до 0,28 Гц. При увеличении частоты сигнала наблюдается фазовое смещение сигнала до 1,57 рад и уменьшение амплитуды сигнала.

Спад амплитуды значительно засвидетельствует от нагрузки на штоке ГЦ.

4. Выполнение идентификации системы, получение передаточной функции и проверка системы на устойчивость.

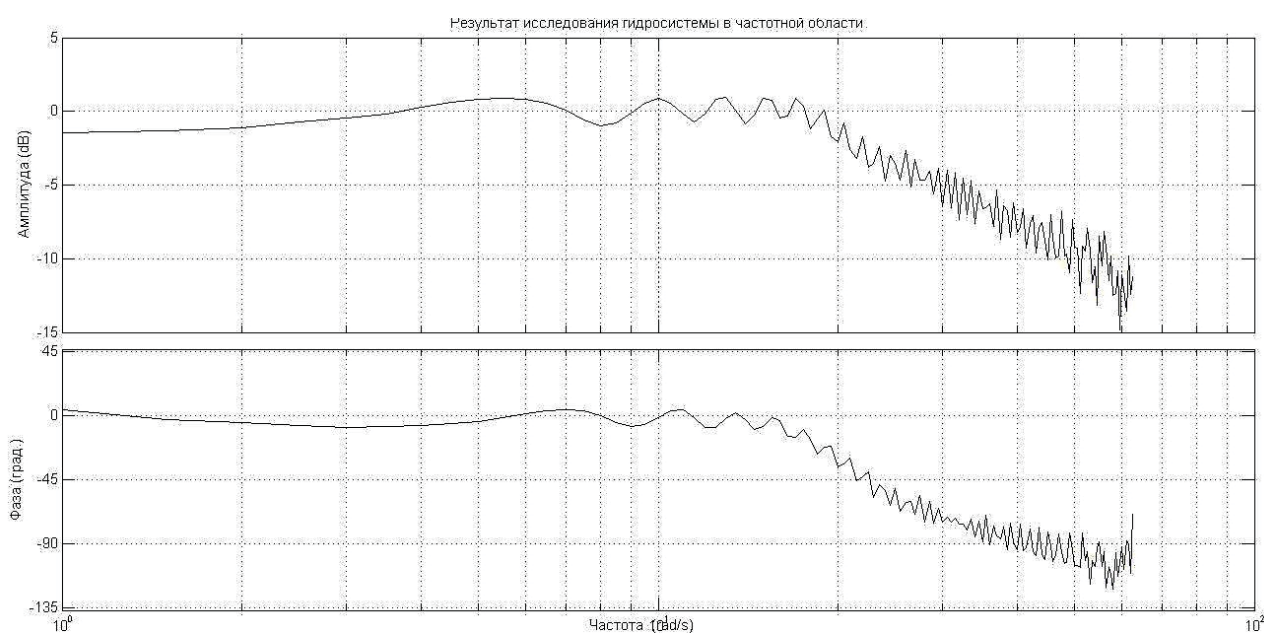


Рис. 3. Результат оценки частотных характеристик

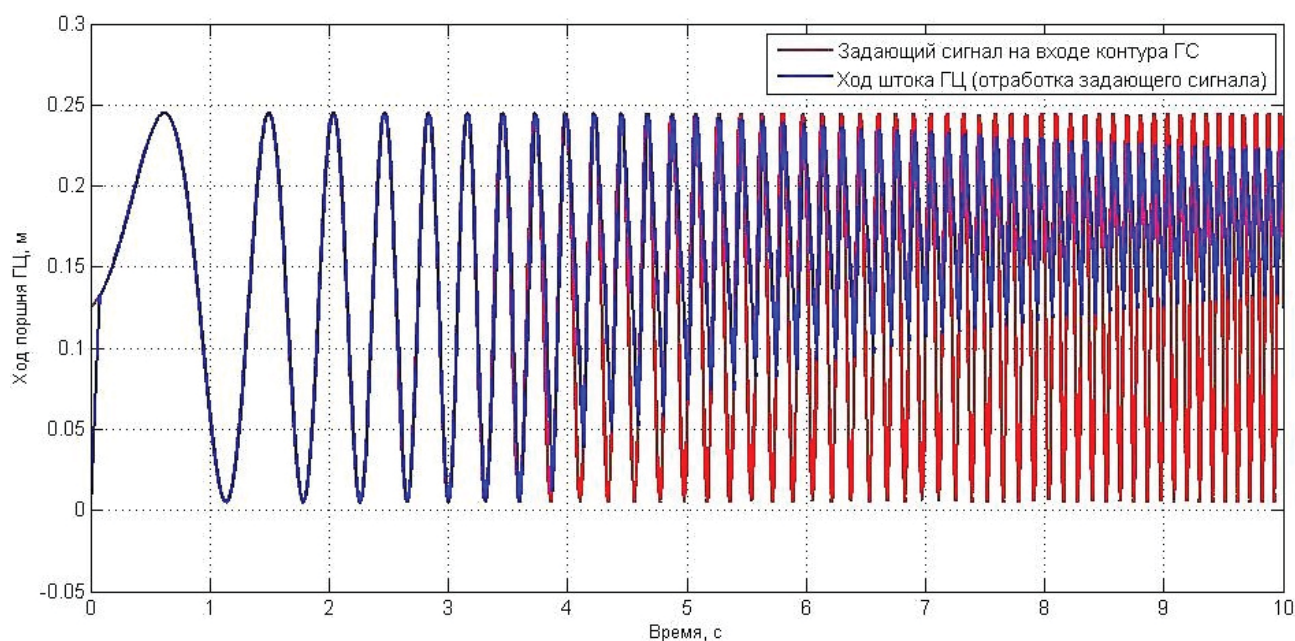


Рис. 4. Реакция системы на линейно частотно-модулированный сигнал при нагрузке на штоке 2500 кг

После получения частотного отклика системы ГП проводится идентификация системы в линейном приближении с помощью утилиты «System Identification Tool». Эта утилита способна по частотному отклику системы описать её в различных видах. Наиболее информативно описание системы в пространстве состояний и в виде передаточной функции. При каждом описании утилита рассчитывает степень идентификации, что позволяет выбрать наиболее точное описание. Результаты частотной идентификации системы приведены на рис. 3 в виде описания её в пространстве состояний и

в виде передаточной функции. В большинстве случаев будет целесообразно использовать результат идентификации системы ГП с описанием передаточной функцией, так как оно даёт лучшее приближение и более удобно в работе.

Полученная передаточная функция линеаризованной системы ГП имеет вид

$$W(p) = \frac{14,21p + 345}{p^2 + 23,25p + 479,7} \quad (4)$$

Результаты идентификации системы дают возможность исследовать линейное приближение системы ГП и выполнить проверку на устойчивость. Про-

цедура исследования на устойчивость выполняется в этой же утилите с получением графиков переходных процессов, амплитудно-частотной, фазочастотной и амплитудно-фазовой характеристик (годограф Найквиста). Кроме проверки на устойчивость, с использованием оптимизатора в утилите «PID Tuner» подобраны параметры ПИД-регулятора, обеспечивающие наилучшее качество регулирования. На рис. 5 показаны графики переходного процесса, а на рис. 6 – графики амплитудно-фазочастотной характеристики системы после оптимизации параметров ПИД-регулятора.

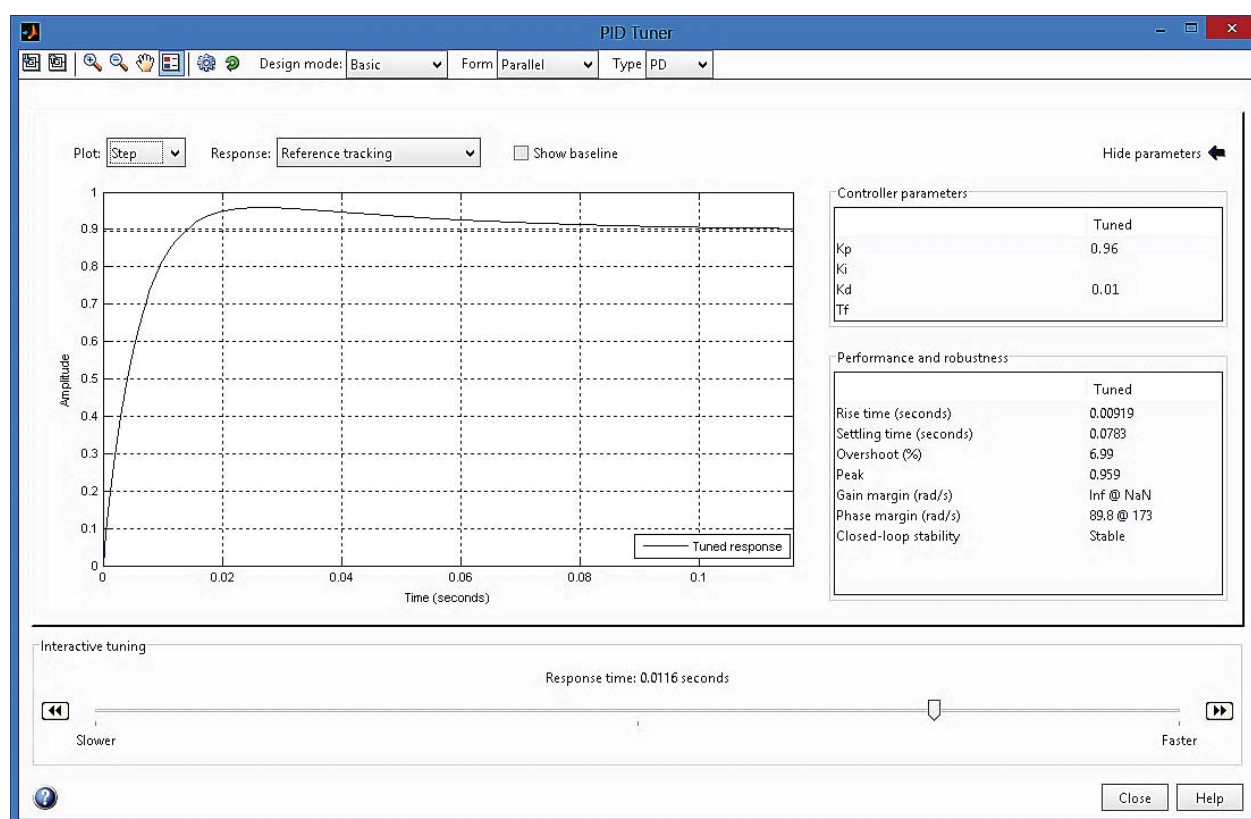


Рис. 5. Анализ переходного процесса после оптимизации параметров регулятора в приложении «PID Tuning»

Как видно из рис. 5, оптимизатор утилиты предлагает увеличить коэффициент пропорциональности до значения 0,96, оставив коэффициент демпфирования неизменным. Также из рисунков видно наличие в системе астатизма. Соответственно оптимизатор для снятия астатизма при регулировании рекомендует использовать ПИД-регулятор.

5. Выполнение второго этапа оптимизации передаточной функции.

Предварительно в контур обратной связи включается ПИД-регулятор с коэффициентами, рассчитанными на предыдущем этапе при оптимизации по передаточной функции линей-

ного приближения, представленной выражением (4). После этого коэффициенты регулятора оптимизируются при обработке тестовых значений ступенчатого и гармонического сигналов. В данном случае коэффициенты остались неизменными, поскольку на предыдущем этапе оптимальные значения получены с достаточной точностью.

Выводы

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы.

1. Для гидропривода механизма прижима вальцов окорочного станка разработана методика вывода передаточной функции

системы с использованием метода частотной идентификации системы.

2. Для использования в практике проектирования гидропривода с автоматическим управлением дано описание процедуры идентификации системы, оптимизации и получения передаточной функции инструментальными средствами MatLab.

3. Для гидропривода механизма прижима вальцов окорочного станка получено выражение передаточной функции с оптимальными параметрами, обеспечивающими требуемое качество регулирования и устойчивость работы привода во всех диапазонах рабочих частот.

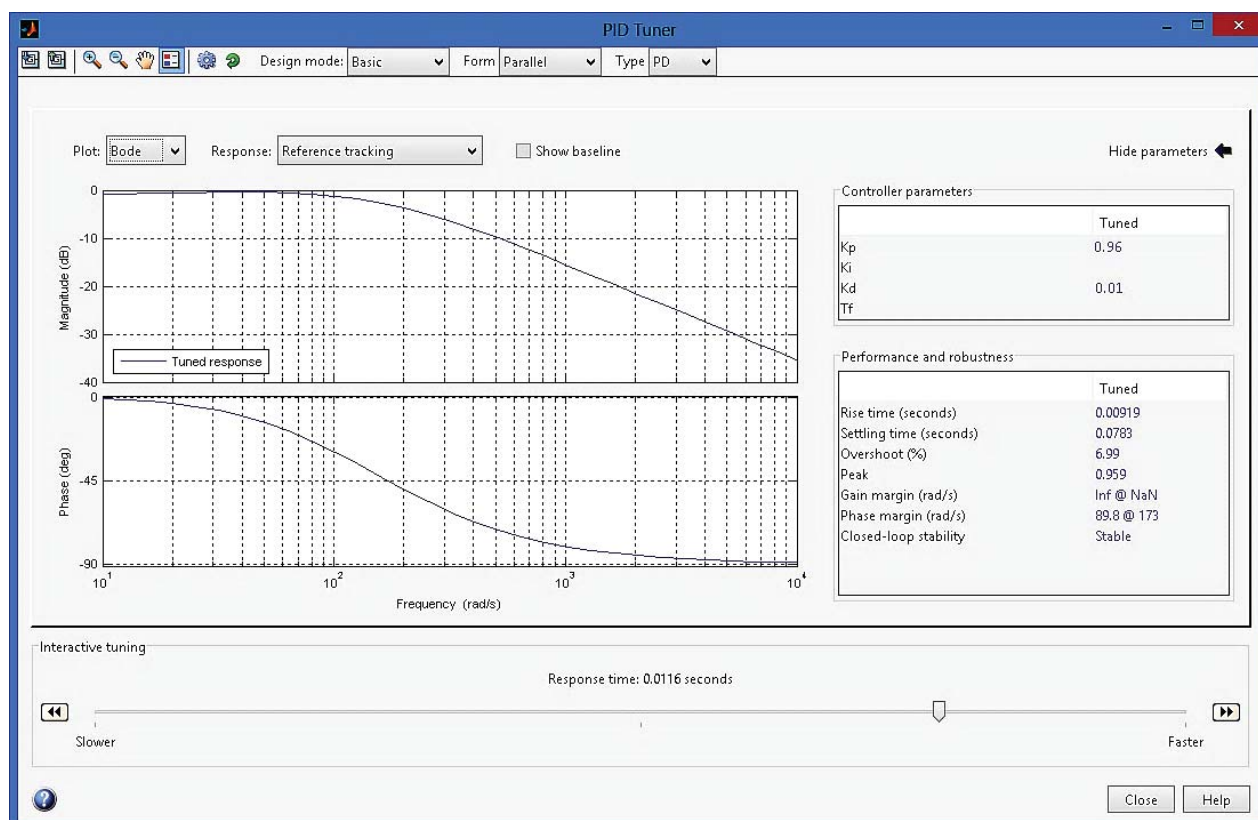


Рис. 6. Анализ амплитудно-фазочастотной характеристики

Библиографический список

1. Побединский В.В., Попов А.И., Василевский Д.А. Разработка конструкции прижима вальцов окорочного станка // Вестник Саратовского ГАУ им. Вавилова. 2013. № 12. С.53–56.
2. Гудвин Г.К., Гребе С.Ф., Сальгадо М.Э. Проектирование систем управления. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2010. 912 с.

УДК378. 504.75

С.В. Смирнов, Г.В. Киселева
(S.V. Smirnov, G.V. Kiseleva)

Уральский государственный лесотехнический университет,
Екатеринбург

**ФОРМИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МИРОВОЗЗРЕНИЯ
У СТУДЕНТОВ ТЕХНИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ
(FORMATION OF ECOLOGICAL WORLDVIEW
AT STUDENTS OF THE TECHNICAL DIRECTIONS)**

На примере преподавания экологии и химии показано влияние межпредметных связей на общекультурные и профессиональные компетенции бакалавров и специалистов технических направлений подготовки. Формирование экологической культуры базируется на принципах непрерывности, преемственности и практической направленности. Экологическая компетентность отражает способность специалиста сочетать экологические знания и профессиональную деятельность с гармоничным удовлетворением материальных, физиологических и эстетических потребностей человека. Устойчивое развитие человечества как биологического вида и как мощной геохимической силы возможно только при соблюдении норм и принципов, выработанных экологической этикой.

On the example of teaching ecology and chemistry influence of interobject communications on cultural and professional competences of experts is shown. Formation of ecological culture is based on the principles of a continuity and a practical orientation. Ecological competence reflects ability of the expert to combine ecological knowledge and professional activity with harmonious satisfaction of the material, physiological and esthetic needs of the person. A sustainable development of mankind as species and as potent geochemical force perhaps only when keeping the norms and principles developed by ecological ethics.

**Цель формирования
экологического мировоззрения**

Экологическое мировоззрение включает систему отраженных в сознании человека знаний о природе и социальном устройстве общества, умения и навыки природоохранной деятельности, взгляды и убеждения, соответствующие экологоцентрическим ценностям и идеалам. Основные направления формирования

экологического мировоззрения изложены в главе XIII «Основы формирования экологической культуры» Закона об охране окружающей природной среды [1]. Под экологической культурой понимают совокупность производственных, общественных и духовных достижений, характеризующих отношение общества и отдельной личности к окружающей природной среде.

По образному высказыванию основоположника этого учения академика Д.С. Лихачева, «...Убить человека биологически может несоблюдение законов биологической экологии, убить человека нравственно может несоблюдение экологии культурной». Процесс подготовки специалистов с высшим образованием подразумевает формирование экологической культуры,